大粒米と小粒米の吸水性及び蒸米の弾性の違い —清酒醸造における蒸米の研究（第3報）—

古浦二郎¹⁾・玉置雅彦²⁾・荒巻 功^{3)*}・猪谷富雄⁴⁾

(元・広島県立総合技術研究所食品工業技術センター¹⁾, 明治大学農学部²⁾, 酒類総合研究所³⁾,
県立広島大学生命環境学部⁴⁾)

平成 21 年 7 月 10 日受理

Differences in water absorbency of polished rice and elasticity of steamed rice between large and small grains

—Studies on the steamed rice in *sake* brewing (Part 3) —

Jiro KOURA¹⁾, Masahiko TAMAKI²⁾, Isao ARAMAKI³⁾ and Tomio ITANI⁴⁾

(Hiroshima Prefectural Technology Research Institute Food Technology Research Center¹⁾, Meiji University²⁾,
National Research Institute of Brewing³⁾ and Prefectural University of Hiroshima⁴⁾)

Differences in the water absorbency of polished rice and the elasticity of steamed rice were examined between large grains and small grains. There was a positive correlation between the water-absorbed area and deformation of steamed rice. This suggested that the elasticity of rice could be estimated from the water-absorbed area. In large grains, the exchange rate of air space in polished rice with water was 6-times higher than that in small grains, resulting in rapid water absorption. This difference was compensated for by soaking the small grains under a reduced pressure of 20 mm/Hg for 8hr. Soaking under reduced pressure was shown to be highly effective for small grains.

Key words : 白米, 吸水, 蒸米, 弾性, 酒米

緒 言

著者らは¹⁾, 浸漬米, 蒸米の浸漬水温, 蒸時間について検討し, 次の結果を得た。つまり, 白米の浸漬における水温と浸漬時間の影響について水溶性赤色素を用いて検鏡観察し, 10℃を境にしてそれ以下では急激な吸水面積率の低下が認められた。さらに吸水面積率を同じにした, 水温 10℃, 30℃の浸漬米を 60 分蒸きょうして, それらの蒸米デンプンの糊化状態より白米への水の浸入は, ①米粒組織への吸水, ②胚乳細胞への吸水, ③デンプン粒への吸水の順で起こると思

ることができた。

一般に, 白米の吸水量は米粒内に存在する空間の量, すなわち細孔数およびその大きさによるものと考えられる。伊藤²⁾はこの空間の細孔量を分子レベルのポリエチレングリコールによる方法で測定して, 山田錦(酒造好適米, 大粒米)は日本晴(一般米, 小粒米)より細孔量が大きく, 吸水性も大であると報告した。安藤・市川³⁾は電子顕微鏡観察によって米粒の組織構造を検討し, デンプン複粒の内部構造は大粒米では小粒米よりも単粒がやや大きく, 複粒間の間隙が認められたが, 小粒米では単粒はやや小さく, 単粒相互の接

*現 賀茂鶴酒造(株)

合が緻密で複粒間の間隙はほとんど認められなかった。ただし、このような相違が大粒米のすべての複粒で認められるわけではなく、大部分は小粒米と同じ構造であると報告している。柳内ら⁴⁾は、心白粒は無心白粒に比べて間隙量が多く、粘弾性に差が見られたこと、さらにこれは心白粒内部のデンプン粒子間の間隙量が多いことやデンプン粒子組織構造の違いによるものと報告した。荒巻ら⁵⁾も同様に心白粒と無心白粒に差があることを認めている。柴田⁶⁾は乾燥した白米ほど吸水率が大きく、腹側の吸水性が大で背側が小であると報告している。熊谷ら⁷⁾は白米水分(X)と吸水率(Y)の間には $Y = -2.84X + 66$ の式が成立し、白米水分1%の違いで2.84%の吸水率の変動があり、水分の多い白米ほど吸水率が低いと報告している。蒸米粒の粘弾性について安沢ら⁸⁾はテンシプレッサーで蒸米粒の硬度測定が可能としている。また、若井ら⁹⁾はレオログラフマイクロ粘弾性測定装置によって蒸米粒の粘弾性と原料米の消化性、老化性との関係について検討し、蒸米には 0.08Kg/cm^2 以上の蒸気圧と20分以上の蒸時間が必要であると報告している。

本報告では、米粒内の間隙を20mm/Hgの減圧方法で白米より吸出される空気量によって検討した。この減圧浸漬方法と通常の浸漬方法による蒸米の弾性を比較し、蒸米の弾力を浸漬米の吸水過程との関連から検討した。

なお、この報告は1964～1965年に行った実験のデータを再度整理したものである。

材料と方法

1) 試料

試料は何れも広島県産米で、大粒米としては雄町（酒造好適米、1964年産）を、小粒米としては農林22

号（一般米、1964年産）の70%精白米を用いた。蒸米としてはそれぞれ浸漬した米を60分蒸きょうして供試した。

2) 白米の浸漬の方法

前報¹⁾と同じく広島市の上水道水を用い、常圧浸漬法と減圧浸漬法とで行なった。なお、減圧浸漬法は20mm/Hgの減圧下で浸漬する方法である。また、水切りは前報¹⁾と同様であり、常圧、減圧浸漬は常温での処理を行い、約30gの浸漬米を50ml容の遠沈管用ステンレス籠に入れ、1000rpmで3分間水切りし、水切り後は飽和硫酸カルシウム液入りのデシケータ（相対湿度98%）に30分間入れた。

3) 蒸米の歪みの測定

岡田式ゼリー強度試験機を用い、水を一定速度で流下し、この加重によって蒸米を押え、蒸米の圧縮を拡大してグラフに描き、このグラフから歪みを計算した。蒸米2粒ずつについて歪み測定を8回おこなった。その中の最高値・最低値を除き6回分の平均値を用いた。弾性係数、歪み、弾力、硬さの関係はTable 1に示した。このとき単位面積当たりの加重量は加重/切口面積とし、切口面積は蒸米が加重によって厚さL mmが $L - 2L'$ mm（蒸米の厚さL mm、加重して厚さが上下とも同じ L' mm 押えられた蒸米の切口面積は供試したときのまま変化しないものとして算出した）とした。単位面積当りの加重量は、Fig. 1の線影を施した楕円形部分の面積で全加重量を割った。

4) 白米より吸出される気体量の測定

Fig. 2に示したように、径24 cmの真空デシケータに500 mLのガスビューレットと極微量の空気の通るキャピラリーと真空コックを取り付けた。このデシケータに、煮沸して脱気し密閉冷却した水を入れた。一方、白米10gを界面活性剤ツイン20の稀薄液（約

Table 1 The relationship between the coefficient of elasticity and deformation, elasticity, and consistency.

Coefficient of elasticity	Deformation	Transformation	Consistency	Elasticity
Large	Small	Small	Hard	Small
Small	Large	Large	Soft	Large

Coefficient of elasticity = Stress/Deformation
Deformation = Transformation/Original length
Stress = Load/Area

Fig. 1 Load per unit area.

0.001%) にて 20 ～ 30 秒間手早く洗い、米粒の表面に気泡の付着するのを防いだ。この米を 50mL のビーカーに入れデシケータの脱気水中に沈めた。このビーカーの上に漏斗を逆にしてかぶせ、これをガスビューレットの下部パイプに挿入した。マノメーターを通して 20 mm/Hg の減圧にして所定の時間減圧浸漬した。これを常圧に戻してガスビューレットに吸出された気体量を測定した。この操作を繰り返して、5, 10, 20, 40, 80, 100 分間の気体吸出量を測定した。

5) 白米の真の体積の測定

白米 10g を精秤し、検定済みの 50mL の比重瓶に入れ、米粒に気泡を付けないように、米が吸い込まないサラダ油を満たした。この重量 A_g を測定した。一方、同比重瓶にサラダ油を満たし、この重量 B_g を測定した。これよりサラダ油の比重を算出した。このとき比重瓶の重量を a g とし、10g の白米の体積を bmL として、下記の式から白米 10g の体積を算出した。

$$\text{サラダ油の比重} = (B - a) \text{ g} / 50 \text{ mL}$$

$$\text{白米 10g の体積 } b \text{ mL} = \text{サラダ油 } bmL \text{ の重量} / (B - a) / 50$$

$$b = 50 \times (B - A + 10) / (B - a)$$

結 果

1. 蒸米が弾性体であることの確認

蒸米が弾性体であるかどうかを検討するため、ゼリ

Fig. 2 Equipment for measuring the amount of air taken in.

ー強度試験機で蒸米が割れない範囲内で、加重したり減重したりを繰り返した結果は Fig. 3 に示したとおりで、同じ形の山の繰り返しであった。従って蒸米は弾性体であることが確認された。一方、蒸米のような「不均質ゲル」では加重に対して歪みが遅れて現れる。いわゆる遅延弾性変化を示すものであるが、ゼリー強度試験機で、加重速度 260 ～ 270g / 分の間で歪みを

Fig. 3 Deformation under repeated increase and reduction of loading.

測定した。いずれの品種も遅延の少ない加重速度は $265\text{g}/\text{分}$ であったので、以後の実験はこの加重速度で行なうこととした。

2. 蒸米の保管冷却時間の決定

蒸米の水分を定量するため、硫酸カルシウムの飽和溶液を入れたデシケータ中に小粒米の蒸米を放置しながら、単位面積当りの加重に対してその歪みを、30、60、90、120 分の保管冷却時間として測定した結果を Fig. 4 に示した。30～90 分までは歪みの変化は大きかったが、90～120 分では歪みの変化は小さかった

Fig. 4 Changes in deformation with cooling time.
Rice variety: Norin 22

ので、蒸米の保管冷却時間は 90～120 分とした。保管冷却時間の終了した蒸米はパラフィンに包埋して、歪み測定の際にパラフィンから取り出して供試した。

3. 大粒米と小粒米の歪みの測定

蒸米の歪みを測定した結果を Fig. 5 に示した。大粒

米と小粒米は何れも同じ右上がりの同一傾斜の直線であった。大粒米では 10 時間の常圧浸漬と 20 時間の常圧浸漬の蒸米で殆ど同じであった。それぞれ $60\text{g}/\text{mm}^2$ 加重の場合約 27% の歪みを示した。これに反して小粒米では、10、20、40 時間の常圧浸漬では $60\text{g}/\text{mm}^2$ 加重の場合それぞれ約 17、19、22% であった。また、小粒米では浸漬時間が長い程歪みが大きくなり、その差がかなり大きいことが認められた。大粒米の歪みと小粒米の歪みは大きな差があった。従って大粒米の方が小粒米よりも弾力が大きくて軟らかい事が判った。例えば 10 時間の常圧浸漬の蒸米で歪みが 10% の差であった。このときの吸水面積率は Fig. 6 に示すように、大粒米の 10 時間、20 時間の常圧浸漬の場合では、それぞれ 64.2、64.8% でその差がないのに対し、

Fig. 5 Deformation and elasticity of rice steamed after soaking under normal pressure.

小粒米では 10、20、40 時間の常圧浸漬では 53.8、55.7、58.7% でそれぞれの差が大きく、浸漬時間による効果が認められた。

Fig. 6 Water absorption of large and small grains soaked under normal and reduced pressure.

4. 減圧浸漬による検討

そこで大粒米と小粒米の違いの発生原因を検討するため、白米を水に浸漬したまま1気圧で加压して水を押し込むようにすると、一般米では吸水面積が僅かに増加したが効果を認める程ではなかった。一方20mm/Hgの減圧下で浸漬すると、米粒から多量の気泡が吸出されて、Fig. 6に示すように小粒米では2時間の減圧浸漬で吸水面積が57.5%、4時間では59%となり常圧浸漬の40時間よりも大きく、さらに8時間の減圧浸漬では大粒米の常圧浸漬の吸水面積率に近くなり、減圧浸漬の効果が大きかった。大粒米の場合では減圧浸漬2時間で59.6%、4時間で63.2%となり、常圧浸漬10時間の64.2%よりも小さく減圧浸漬による効果は小粒米より小さかった。

減圧浸漬を行った大粒米と小粒米の蒸米の歪みをFig. 7に示した。これによると大粒米の常圧浸漬10時間の蒸米と、小粒米の減圧浸漬8時間の蒸米とがほぼ同じ歪みであった。大粒米の減圧浸漬2時間の蒸米と、小粒米の減圧4時間の蒸米がほぼ同じ歪みであり、小粒米の常圧浸漬40時間の蒸米と、減圧浸漬2時間の蒸米とが同じ歪みであった。このことから減圧浸漬による吸水促進効果が小粒米において明確に認められた。小粒米について60g/mm²の加重に対する歪みと

Fig. 7 Differences in deformation of rice steamed after soaking under normal and reduced pressure.

Fig. 8 Relationship between the percentage of water-absorbed area and deformation.
Rice variety: Norin 22

Fig. 9 Volume of air taken in under reduced pressure.

吸水面積率との関係をプロットすると、Fig. 8 のようになった。従って吸水面積率と歪みとの間には直線関係があることが認められた。

5. 白米より吸出される気体量の測定

Fig. 2 の装置に各白米 10g をセットして、短時間に気体を排出するため 60mm/Hg の減圧下で気体を吸出し、5, 10, 20, 40, 80, 100 分における気体の吸出量を測定した。結果は Fig. 9 に示すとおりで、白米 10g からの気体の吸出量を経時的にみると、大粒米では初期に多量の気体が吸出されるが、小粒米では徐々に吸出されるので明らかに気体の吸出速度に差があることが判る。例えば 50% 吸出の点を比較すると大粒米では 5 分、小粒米では 35 分の結果で大粒米の方が小粒米の 7 倍の速さで吸出されることになる。

一方、細胞及びデンプン粒の大きさを検討するために白米を破碎して、その割れ口を観察すると Fig. 10 に示すように、デンプン粒の大きさには差が認められ

Fig. 10 Sizes of starch and cells in large and small grains.

ないが、細胞の大きさでは背側、腹側ともに大粒米の方が小粒米よりも大きいことが認められた。

考 察

1. 吸水面積率と蒸米の弾性

弾力のある蒸米を得るためには吸水面積率を大きくすることが必須の条件であると思われる。さらにこのことから吸水面積率で蒸米の弾力を予想することができる。弾力はデンプンの糊化によってもたらされる付随的な現象と考えられるので、吸水面積率が大きいと蒸きょうによって得られる蒸米の糊化の状態も進むものと予測することができる。

2. 減圧浸漬の吸水面積率に対する効果

減圧浸漬による吸水面積率に対する効果は米粒中の気体と水との置換に差異があることを示唆するもので、大粒米ではこの置換が容易におこなわれるため比較的短時間の常圧浸漬でも吸水は進むが、小粒米ではこの置換が非常に困難で、常圧浸漬では吸水が遅くなる。しかし減圧浸漬では米粒の中から気体を強引に引き出し、その部分に水が浸入して吸水の効果が上がるものと考えられる。大粒米は初期に急激にしかも多量吸出されるのに対し、小粒米では徐々に吸出された。そして最終的には計算どおりの気体が吸出された。明らかに吸出速度に差があることが判明した。これらの結果から両者の差異は、吸出される気体の絶対量ではなくて、気体の吸出に対する抵抗の大きさが異なるだけであることを示すものである。この様な抵抗の違いの原因として、組織間隙、細胞間隙の大きさの差異が考えられる。

3. 細胞内デンプンの糊化を決定する要因

デンプン粒の大きさでは有意な差は認められなかったが、細胞の大きさを背部、腹部で比較すると明らかに背腹共に大粒米の方が小粒米の細胞より大きい（Fig. 10）。このことは安藤、市川³⁾の結果と同様であった。伊藤²⁾の報告によると、浸漬した場合大粒米は小粒米よりも米粒内の間隙量が多く存在するために胚

乳細胞へ容易に水が浸入できると考えられる。この違いは当然細胞内への吸水に対しても同じように抵抗となるはずである。すなわち、吸水速度の違いは、主として吸水面積率で示される胚乳細胞への吸水の段階で差があるといえる。第3段階のデンプン粒への吸水の過程では前段階の差が経時的に残るだけで、第2段階の胚乳細胞内への吸水が細胞内デンプンの糊化を決定する因子であると考えられる。

要 約

大粒米と小粒米の吸水性及び蒸米の弾性の違いについて検討した結果、吸水面積率とその蒸米の歪みとの間では正比例することが判明した。従って吸水面積で蒸米にしたときの弾性が予想できる。白米より吸出される気体量の測定の結果、白米中の気体と水との置換速度に差があり、大粒米は小粒米の7倍の速さで置換されるため、浸漬時の吸水が短時間で行なわれる。この差をうめる手段としては、小粒米を20mm/Hgの減圧下で8時間浸漬することで可能であり、小粒米では減圧浸漬の効果は大であることが判った。

文 献

- 1) 古浦二郎, 玉置雅彦, 荒巻功, 猪谷富雄: 醸協, **105**, 539-545 (2010)
- 2) 伊藤清: 醸協, **87**, 497-502 (1992)
- 3) 安藤孝雄, 市川邦介: 醸協, **52**, 46-57 (1974)
- 4) 柳内敏晴, 山本拡美, 宮崎紀子, 長野知子, 若井芳則: 生物工学, **74**, 97-103 (1996)
- 5) 荒巻功, 小川清, 山本幸治, 鈴木潤一, 管野正彦, 木崎康造, 岡崎直人: 生物工学, **73**, 381-386 (1995)
- 6) 柴田豊太郎: 醸協, **61**, 1165-1168 (1988)
- 7) 熊谷知栄子, 黒柳嘉弘, 野自喜久雄: 醸協, **71**, 718-722 (1976)
- 8) 安沢義彦, 勝又和明, 片岡惇: 醸協, **101**, 886-892 (2006)
- 9) 若井芳則, 水間智哉, 宮崎紀子, 清水良文, 柳内敏晴: 生物工学, **73**, 191-197 (1995)